

梨の仰視画像の撮影条件判定を用いた花芽数カウント手法の検討

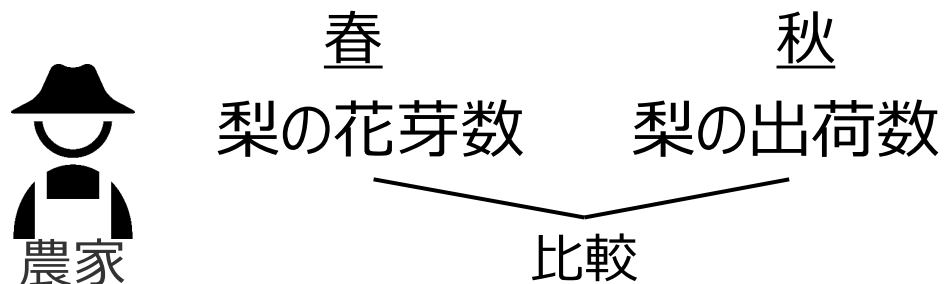
花川拓海^{*}、中谷真太郎^{*}、森本英嗣⁺、西山正志^{*}、岩井儀雄^{*}

^{*}鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科

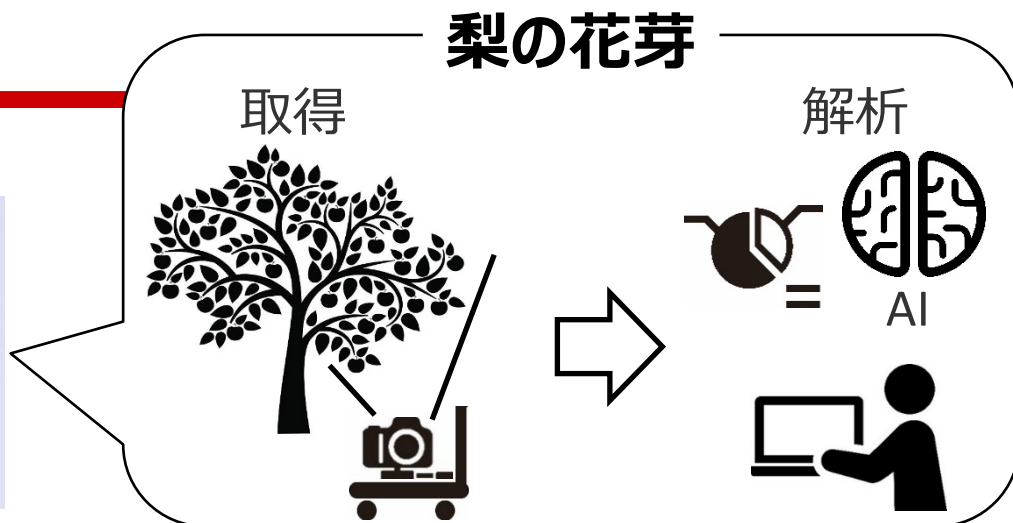
⁺神戸大学大学院農学研究科

研究背景

- 梨農園へのスマート農業の導入



生産管理と収穫量の予測に役立つ



本研究の狙い

梨の木を時系列に撮影した仰視画像から花芽数を正しくカウントする手法の設計

- 撮影条件の変動によりカウント精度が低下
- 3つの要因が撮影条件に与える影響を調査

撮影条件の変動要因

- 照明
 - 天候
 - 時刻
- 装置
 - 経路状況
 - 距離間隔
- カメラパラメータ
 - レンズ
 - フレームレート
 - 解像度
- 花芽
 - 品種
 - 生育具合

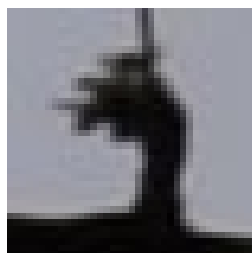
撮影条件が変動することによる課題

課題1 照明とカメラパラメータの要因によって撮影条件が変動

→ 天候, 時刻, レンズ, 解像度など



撮影条件1



撮影条件2



花芽の見え方が変化



撮影条件に適した検出器を用いないとカウント精度が低下

課題2 カメラパラメータと装置の要因によって撮影条件が変動

→ フレームレート, 距離間隔, 路面状況など



共通部分



共通部分

共通部分が変化



各時刻において花芽の一部が重複するため
カウント精度が低下

本研究の目的

目的1

撮影条件判定を用いて仰視画像の花芽の見え方に適した検出器を選択

撮影条件1



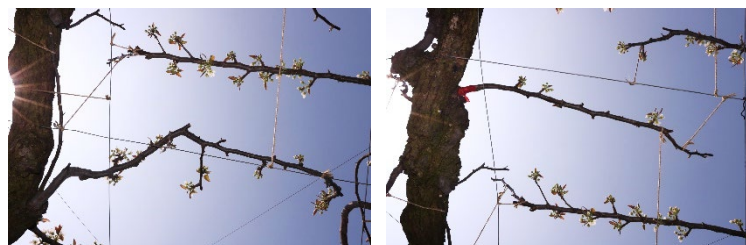
画像分類器



検出器

目的2

特徴点マッチングを用いて共通部分に写り込む同一の花芽を判定



仰視画像

撮影条件判定を用いて
検出器を選択し
各時刻の検出処理

時刻間で画像ペアに
特徴点マッチングを用いて
同一の花芽を判定

花芽数をカウント

提案手法は検出器のみを用いた比較手法と比べて花芽数のカウント精度が大幅に向上

提案手法の流れ

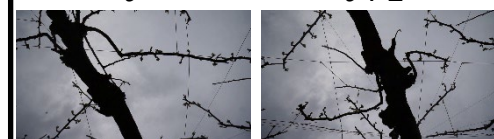
S1. 画像ペアの取得

I_t I_{t+1}



画像ペア例1

I_t I_{t+1}



画像ペア例2

S2. 検出器を選択

花芽の見え方に適した
検出器を選択



撮影条件1の検出器



撮影条件nの検出器

S3. 花芽の候補領域を画像ペアから検出

選択した検出器を用いて
候補領域を検出

I_t I_{t+1}



I_t I_{t+1}



赤枠：花芽の候補領域

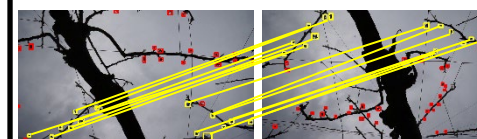
S4. 候補領域の中で同一の花芽を対応付け

画像ペアに写り込む
同一の花芽を判定

I_t I_{t+1}



I_t I_{t+1}



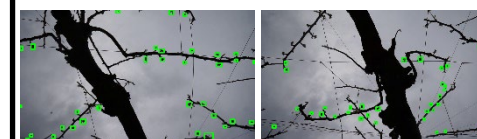
黄枠：対応付けられた候補領域
青点：対応付いた特徴点

S5. 対応付けられた候補領域を I_{t+1} から除外し花芽数をカウント

I_t I_{t+1}



I_t I_{t+1}

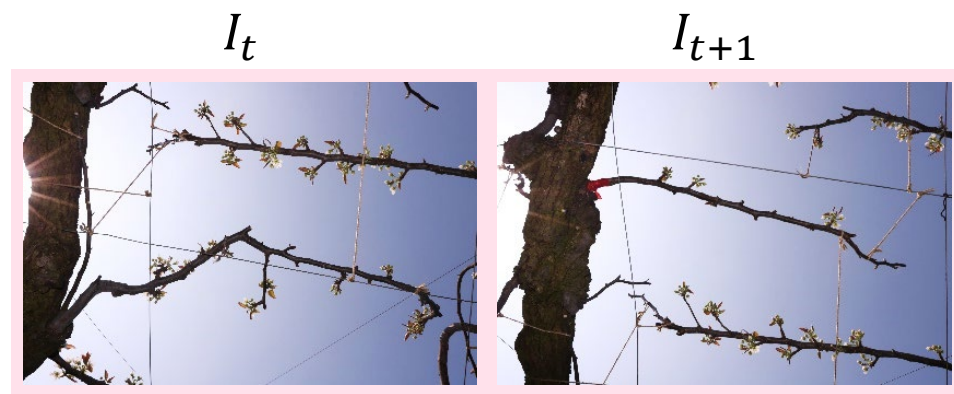


緑枠：カウントに用いた候補領域

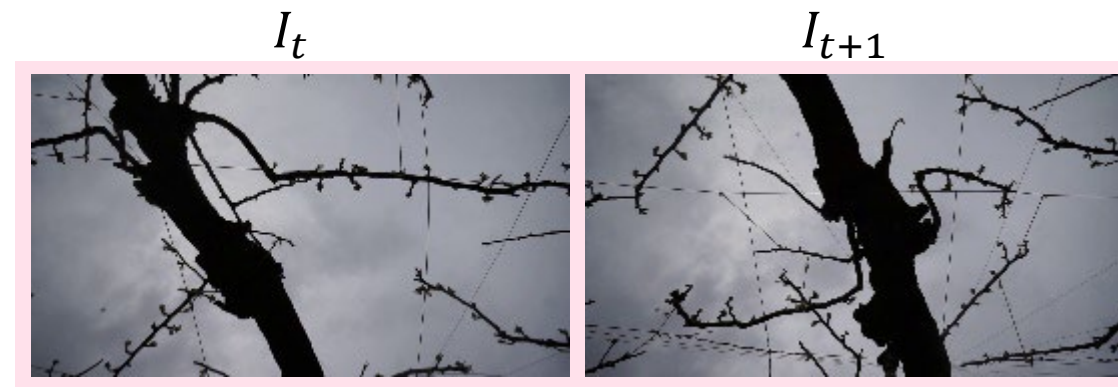
Step 1. 画像ペアの取得



- 画像ペアとは画像 I_t と画像 I_{t+1} からなる
- I_t と I_{t+1} は時系列に連続して撮影された2枚の画像
- カメラ装置は地上から梨の木の枝を仰視するよう画像を撮影



画像ペア例1



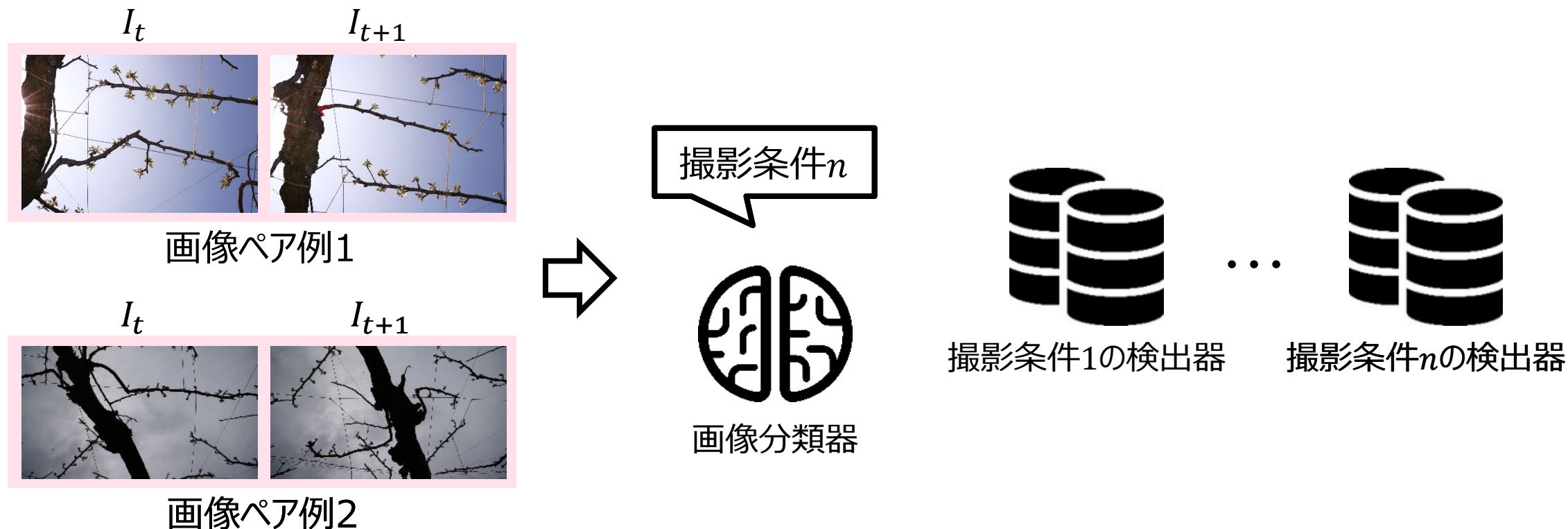
画像ペア例2

Step 2. 検出器を選択

課題1

課題1に取り組むため画像分類器を用いて撮影条件判定を行い仰視画像の花芽の見え方に適した検出器を選択

撮影条件に適した検出器を用いないとカウント精度が低下



照明とカメラパラメータの要因による撮影条件の変動に適応し
花芽のカウント精度の低下を防ぐ

Step 3. 花芽の候補領域を画像ペアから検出

選択した検出器を用いて花芽の候補領域を I_t, I_{t+1} から検出



画像ペア例1

赤枠：花芽の候補領域



画像ペア例2

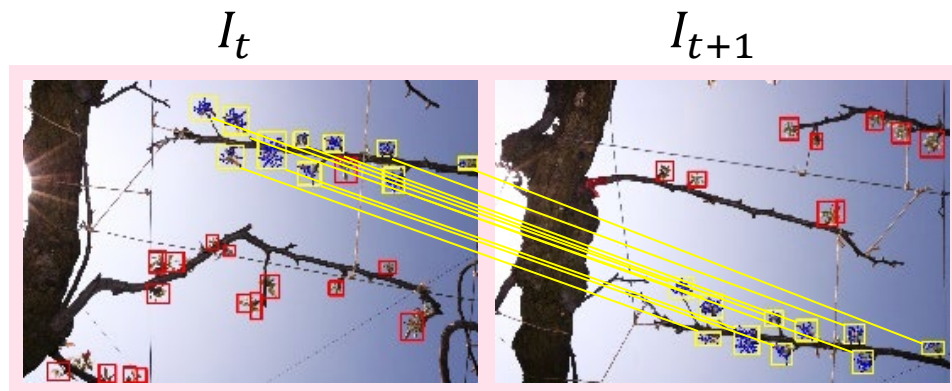
Step 3 の検出処理のみでは課題2である共通部分に
写り込む花芽の重複カウントの問題が生じる

Step 4. 同一の花芽を対応付け

課題2

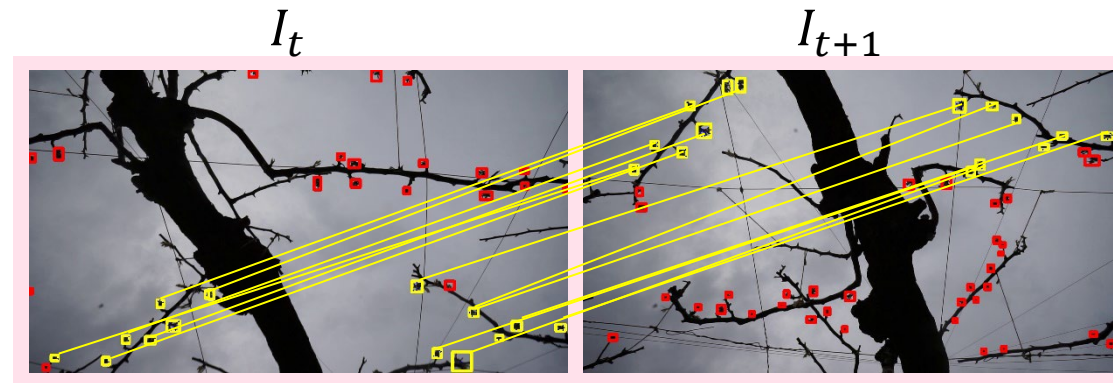
課題2に取り組むため特徴点マッチングを用いて I_t, I_{t+1} から検出された同一の花芽の候補領域を対応付け

各時刻において花芽の一部が重複するためカウント精度が低下



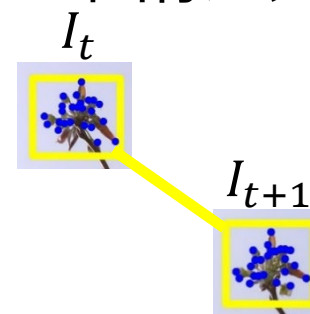
画像ペア例1

黄枠：対応付けられた候補領域
青点：対応付いた特徴点



画像ペア例2

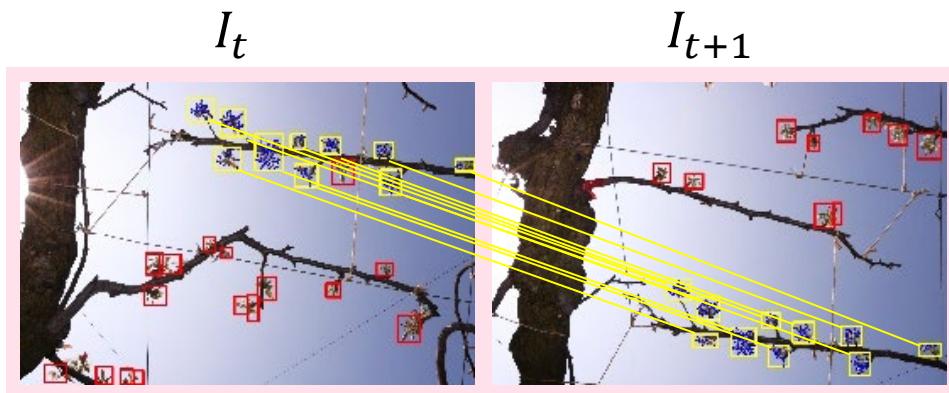
I_t の候補領域の特徴点が I_{t+1} の候補領域の特徴点と対応付けば同一の花芽と判定



カメラパラメータと装置の要因による撮影条件の変動に適応し
花芽数のカウント精度の低下を防ぐ

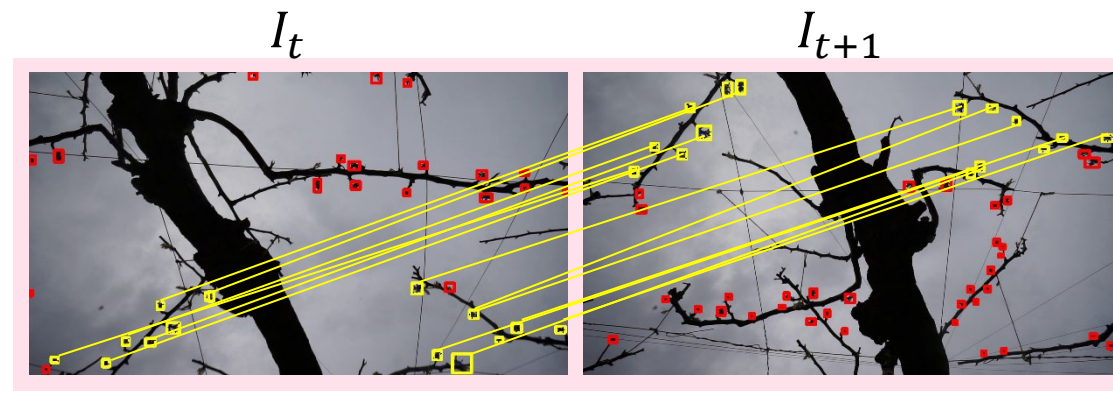
Step 5. 花芽数をカウント

対応付けられた候補領域を I_{t+1} から除外し画像ペアに残った候補領域を花芽数としてカウント



画像ペア例1

黄枠：対応付けられた候補領域
青点：対応付いた特徴点



画像ペア例2



緑枠：カウントに用いた候補領域



評価データセット

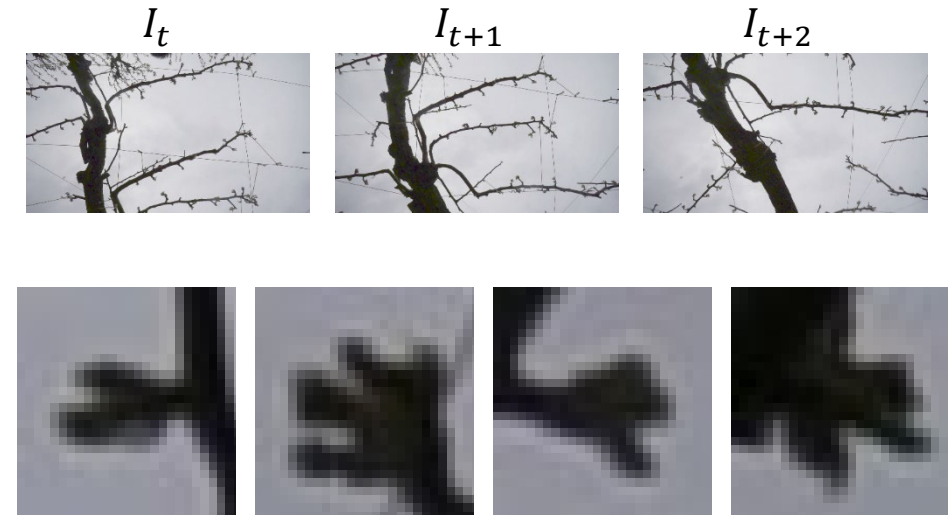
撮影条件1

- ❑ 撮影日時：2020年4月3日10時28分から16時39分
- ❑ 天候：快晴
- ❑ 撮影枚数：670枚(学習: 500枚, テスト: 170枚)
- ❑ 画像サイズ：6000×4000画素
- ❑ 花芽の矩形枠：10832個
- ❑ 矩形枠の横幅の中央値：181画素
- ❑ 矩形枠の縦幅の中央値：180画素



撮影条件2

- ❑ 撮影日時：2021年3月25日9時30分から13時40分
- ❑ 天候：曇り
- ❑ 撮影枚数：670枚(学習: 500枚, テスト: 170枚)
- ❑ 画像サイズ：1920×1080画素
- ❑ 花芽の矩形枠：24533個
- ❑ 矩形枠の横幅の中央値：23画素
- ❑ 矩形枠の縦幅の中央値：24画素



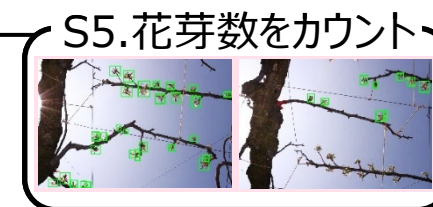
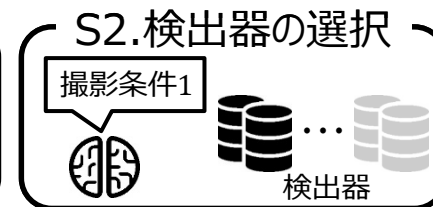
花芽数のカウント精度評価

提案手法が花芽数カウントにおいて有効であるか評価

撮影条件判定: ResNet50 [Kaiming+, CVPR2016] 判定精度: 100%

特徴点マッチング: SuperPointとSuperGlue
[Daniel+, CVPR2018] [Paul-Edouard+, CVPR2020]

テスト画像: 撮影条件1と撮影条件2の画像ペア85組ずつ



C_1 : 比較手法1 (S1とS3) 撮影条件1の検出器のみ(SSD)を用いた場合
[Liu+, ECCV2016]

C_2 : 比較手法2 (S1とS3) 撮影条件2の検出器のみ(YOLOv7e6e)を用いた場合
[Chien-Yao+, CVPR2023]

C_3 : 比較手法3 (S1, S2とS3) 入力画像の花芽の見え方に適した検出器の選択のみを用いた場合

O : 提案手法 (S1からS5) 入力画像の花芽の見え方に適した検出器の選択と花芽対応付けを用いた場合

Method	正解数	不正解数	ヒット率(↑)	Precision改	Recall改	F値改(↑)
C_1 : 比較手法1	1147	2391	0.47	0.35	0.48	0.40
C_2 : 比較手法2	1493	2006	0.74	0.42	0.49	0.45
C_3 : 比較手法3	2194	1395	1.57	0.70	0.88	0.75
O: 提案手法	2855	735	3.88	0.81	0.88	0.84

提案手法は比較手法と比べて花芽数のカウント精度が大幅に向上

各撮影条件に適した検出器の選択

各撮影条件における検出器の性能を調査

撮影条件1の評価

学習画像(撮影条件1): 500枚

テスト画像(撮影条件1): 170枚

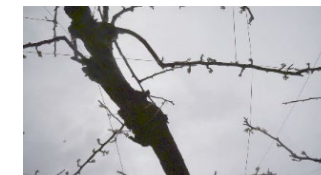


検出器	Precision	Recall	F値
SSD	0.89	0.89	0.89
YOLOv5x	0.85	0.84	0.84
YOLOv7	0.81	0.83	0.82
YOLOv7e6e	0.86	0.85	0.85
YOLOv8	0.85	0.85	0.85

撮影条件2の評価

学習画像(撮影条件2): 500枚

テスト画像(撮影条件2): 170枚



検出器	Precision	Recall	F値
SSD	0.76	0.75	0.75
YOLOv5x	0.88	0.88	0.88
YOLOv7	0.88	0.89	0.88
YOLOv7e6e	0.91	0.90	0.90
YOLOv8	0.90	0.89	0.89

各撮影条件における検出器の性能の差を確認

対応付けの可視化

花芽の候補領域を画像ペアから検出



撮影条件1の画像ペア

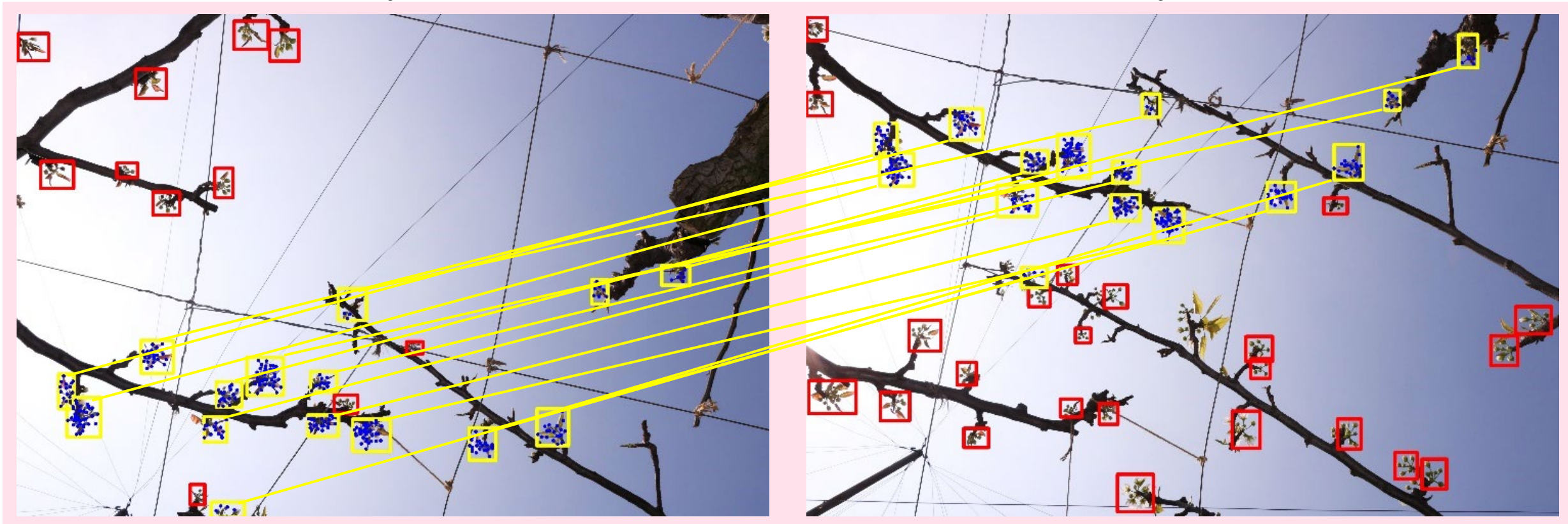
赤枠：花芽の候補領域

対応付けの可視化

共通部分にある候補領域が対応付けられているので同一の花芽の判定に成功

I_t

I_{t+1}

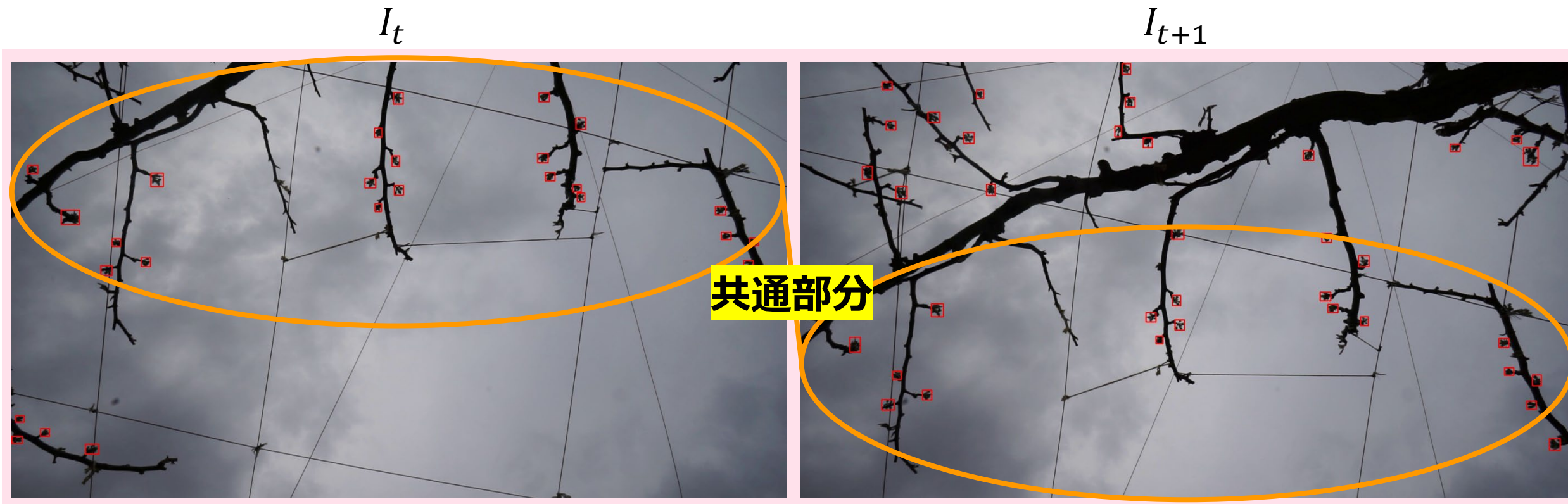


撮影条件1の画像ペア

黄枠：対応付けられた候補領域
青点：対応付いた特徴点

対応付けの可視化

花芽の候補領域を画像ペアから検出

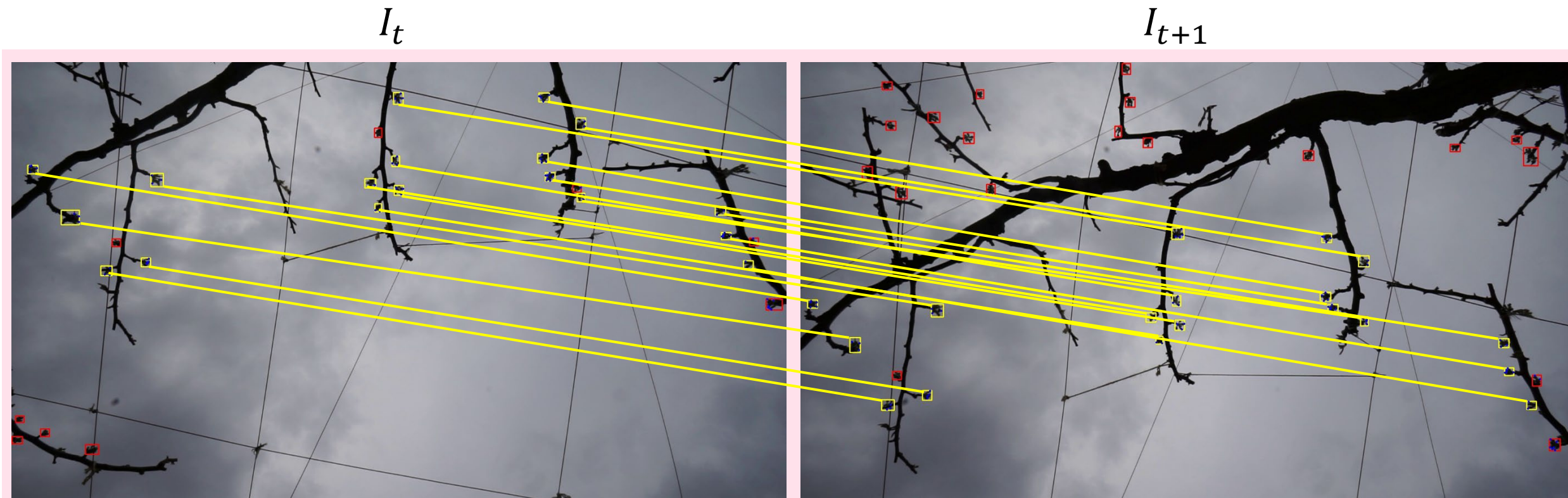


撮影条件2の画像ペア

赤枠：花芽の候補領域

対応付けの可視化

共通部分にある候補領域が対応付けられているので同一の花芽の判定に成功



撮影条件2の画像ペア

黄枠：対応付けられた候補領域
青点：対応付いた特徴点

まとめ

成果1

撮影条件判定を用いて仰視画像の花芽の見え方に適した検出器を選択する方法を設計

撮影条件1



画像分類器



検出器

成果2

特徴点マッチングを用いて共通部分に写り込む同一の花芽を判定する方法を設計



仰視画像

撮影条件判定を用いて
検出器を選択し
各時刻の検出処理

時刻間で画像ペアに
特徴点マッチングを用いて
同一の花芽を判定

花芽数をカウント

提案手法は比較手法と比べて花芽数のカウント精度が大幅に向上

今後の課題

- 様々な撮影条件のデータセットの追加